

PAT-NO: JP408020880A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08020880 A

TITLE: DRY ETCHING METHOD

PUBN-DATE: January 23, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

FUKADA, TAKESHI

SHIMADA, HIROYUKI

SAKAMA, MITSUNORI

TAKEMURA, YASUHIKO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD N/A

APPL-NO: JP06180949

APPL-DATE: July 7, 1994

INT-CL (IPC): C23F004/00, H01L021/3065

ABSTRACT:

**PURPOSE:** To increase the uniformity of dry etching, at the time of subjecting a film to dry etching, by forming the state of high frequency voltage to be impressed into one of pulses of the repeated frequency of ultralow cycles in which the amplitude of low cycles is modulated.

**CONSTITUTION:** On a susceptor 102 set in a chamber 101, a substrate 104 on which a silicon film is formed and provided with a mask of a photoresist is placed. The susceptor 102 is grounded, and an electrode 103 is provided opposite to the susceptor 102. This electrode 103 is supplied with electric power in a pulse shape of the repeated frequency of ultralow cycles (about 1 to 200Hz) of high cycles (about 10 to 100Mz) in which the amplitude of low cycles (about 1K to 1MHz) is modulated. By plasma generated by this pulse oscillation, dry etching is executed. A high frequency power source is provided with a high frequency oscillator 107, a low frequency oscillator 108, an ultralow frequency pulse oscillator 109, an amplitude modulator 110 and a pulse modulator 111.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-20880

(43)公開日 平成8年(1996)1月23日

(51)IntCl<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 2 3 F 4/00

A 9352-4K

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/ 302

B

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平6-180949

(22)出願日

平成6年(1994)7月7日

(71)出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72)発明者 深田 武

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72)発明者 島田 浩行

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72)発明者 坂間 光範

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

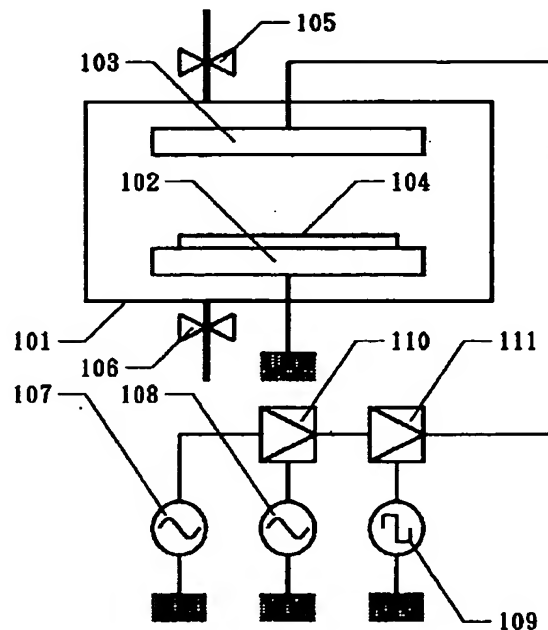
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57)【要約】

【目的】 ドライエッチングの均一性を高める方法を提供する。

【構成】 ドライエッチングにおいて、低周波(周波数、1k~1MHz)によって振幅変調した高周波(周波数、10~100MHz)を極低周波(周波数、1~200Hz)の繰り返し周波数でパルス変調したものをを用いて、プラズマを発生させ、エッチングをおこなう。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 減圧雰囲気中に設置された電極に高周波電力を印加することによってプラズマを発生させ、該プラズマの作用で被膜をエッチングするドライエッチング方法において、

高周波電力は極低周波の繰り返し周波数のパルスであり、かつ、低周波の振幅変調がなされていることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項2】 減圧されたチャンバーの外側に設置され、チャンバー内部にプラズマ放電を誘導する電極に高周波電力を印加することによって、チャンバー内部にプラズマを発生させ、該プラズマの作用で被膜をエッチングするドライエッチング方法において、

高周波電力は極低周波の繰り返し周波数のパルスであり、かつ、低周波の振幅変調がなされていることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項3】 請求項1もしくは2において、極低周波は周波数が1～200Hz、低周波は周波数が1k～1MHz、高周波は周波数が10～100MHzであることを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項4】 請求項1もしくは2において、エッチングガスとして、 $CF_4$ 、 $SF_6$ 、 $NF_3$ から選ばれた少なくとも1種類を用いることを特徴とするドライエッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造プロセスにおいて用いられるドライエッチング方法およびその目的に適したドライエッチング装置の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路や薄膜トランジスタ等の半導体装置の製造において、ドライエッチング法が用いられている。従来のドライエッチング法は、直流もしくは交流によって定常的なプラズマを発生させ、これによって生じたイオン活性種（ラジカル）と被エッチング物との化学反応を利用するものであった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、定常的なプラズマにおいては、プラズマや活性種の広がりの中で十分なものは得られなかった。このため、エッチングを大面積でおこなう場合には、均一かつ大きなプラズマを得るため被エッチング物の面積よりもさらに大きな面積、空間が必要とされた。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、減圧されたチャンバー内部に極めて均一で十分な広がりを有するプラズマを発生させて、被エッチング物のエッチングをおこなうものである。そのため、プラズマを発生させるために用いられる交流としては高周波を用い、かつ、このとき用いられる高周波は1kHz～1MHzの低周波で振

2

幅変調されたもので、なおかつ、1～200Hzの極低周波の繰り返し周波数でパルス変調されたものを用いることによって、効果的にチャンバー内部にプラズマを広げるものである。上記のようにパルスの放電をおこなうため、本発明では非定常的なプラズマが得られることとなる。このようなプラズマは不安定であるが、チャンバーの端においても生成し、プラズマの面積を広げることが可能である。

【0005】ここで用いられる高周波としては10～100MHz、好ましくは、10～50MHzとする。本発明の第1は、減圧チャンバー内に平行平板型その他の形状の電極を設置し、この電極に上記の高周波電力を印加することによって、チャンバー内にプラズマを発生させ、プラズマによって生じる活性種その他の作用によってエッチングをおこなう、という構成を有する。

【0006】本発明の第2は、減圧チャンバーの外に、チャンバー内部にプラズマを誘導する電極、コイル等を取り付け、この電極、コイル等に上記の高周波電力を印加することによって、チャンバー内部にプラズマを発生させ、該プラズマの作用でエッチングをおこなう、という構成を有する。

【0007】

【作用】上記に記述した3つの周波数のうち、低周波は、エッチングガス分子の会合（分子間の弱い結合）を分断するのに寄与し、チャンバー内のエッチングガス分子の濃度差の均一性を向上させる上で効果がある。また、高周波は、エッチングガスの分子内結合を分断するのに寄与して、イオン活性種（ラジカル）を発生せしめる。また、極低周波によってパルス変調すると、エッチングの均一性が向上する。その理由は明らかではないが、上述の如く、極長波以外の電磁波によって、励起されたイオン活性種が、パルス放電によって、瞬間的にチャンバー内壁にまで到達し、これをエッチングするためであろうと推測される。本発明では、定常的な放電を用いたエッチングに比較して、プラズマの広がりが良好であり、エッチングの均一性が良好なことが特色であった。

【0008】特に、上記の第2の発明においては、チャンバー内に電極、その他のものが存在しないので、エッチングガスの流れ、プラズマの広がりが良好で、より、エッチングの均一性を向上させるのに有効であった。第2の発明のように誘導プラズマを用いるには、共振回路を構成するために高周波の方が好ましく、そのため、会合分子の分離に有効な低周波をチャンバー内に導入することは困難であったが、本発明においては、低周波は振幅変調という形で高周波の中に存在するため、実質的に高周波を用いて誘導プラズマを発生させても、同時に低周波の効果が得られた。

【0009】パルス放電の周期を表すものとしてduty比が用いられる。duty比とは、（放電時間／放

電時間+休止時間)を示すものである。例えば、パルス周波数100Hzでduty比を10%としたパルス放電の場合は、1msecの放電と9msecの休止とを繰り返す放電形態となる。

【0010】放電が休止している状態のときパルス周波数によるプラズマの発生がおこなわれていないので、このときのduty比によってエッチングの状態が制御される。つまり、このduty比を最適化することによって、エッチングガスが基板に吸着する以前の成膜空間中における反応を制御することができる。このduty比は10~70%が好ましい。最適のduty比は、エッチングガスの種類、エッチングガスの流量や、電極間の距離に応じて決定すればよい。

【0011】図3に本発明に用いる高周波の発生装置および高周波の強度(振幅)の様子を示す。図3に示すの本発明で用いるのに適した高周波電力の発生装置に関するものであるが、図3に示された構成以外の装置によっても同様な高周波を発生できることは言うまでもない。

【0012】図3(A)は高周波発生装置であり、図3(B)は各段階における高周波の様子を示す。高周波発振器1によって発生した正弦高周波(例えば、周波数13.56MHz)は、図3(B)のaのような波形である。このような高周波は次段の振幅変調器(AM変調器)4におくられる。振幅変調器4としては、増幅率を外部信号によって変化できる高周波増幅器を用いればよい。

【0013】一方、低周波発振器2からは正弦低周波(例えば、200kHz)が発生し、これは振幅変調器4に送られる。そして、振幅変調器4では低周波信号に応じて、高周波が振幅変調される。振幅変調器4からの出力波形は図3(B)のbようになる。上記の振幅変調においては、変調率は50%以上であることが好ましかった。しかしながら、高調波成分の発生を防止するため、100%以上の過変調は避けたほうが良い。さらに、パルス発振器3からは極低周波(例えば、50Hz)のパルスが発生し、パルス変調器5において、高周波電力のオン/オフがおこなわれる。このようにして発生した高周波電力は図3(B)のcに示したような網形である。パルスのオン/オフの境界部分を拡大したものは同図c'のようになる。

【0014】

【実施例】

〔実施例1〕図1に本実施例の概略を示す。本実施例は平行平板型ドライエッチング装置に関する。本装置を用いて、例えば、多結晶シリコン膜のエッチングをおこなう例である。図1において、チャンバー101内に設置されたサセプター102上にシリコン膜が成膜され、フォトリソのマスクの設けられた基板104が置かれている。チャンバー101には、内部を減圧せしめるための真空排気系106とエッチングガスを導入するガス

導入系105が備えつけてある。

【0015】また、サセプター102は接地されており、サセプターに対向して電極103が設けられている。そして、この電極103には交流を供給するための高周波電源が設けられている。電極103はえてしてエッチングガスの流れの妨害やプラズマの大きさの制約の原因となる。特にエッチングガスは基板に均等に行き渡るように注意する必要がある。もし、エッチングガスの流れに偏りがあるとエッチングの不均一性の原因となる。

【0016】そのためには、電極103を中空として、基板に対する面に細孔を設け、エッチングガスをシャワー状に吹き出させてもよい。ただし、特にシリコンを含む素材をエッチングすると、エッチングガス中に含まれるフッ素、炭素とシリコンが反応して、フッ素系ポリマーが生成し、これが上記の細孔を埋めてしまうことがある。電極103には、低周波(1k~1MHz)の振幅変調された高周波(10~100MHz)の極低周波(1~200Hz)の繰り返し周波数のパルス状の電力が投入される。高周波電源においては、高周波発振器107、低周波発振器108、極低周波パルス発振器109と、振幅変調器110、パルス変調器111が設けられている。

【0017】本実施例においては、プラズマを発生させるために供給した交流は、それぞれ、極低周波パルスとして50Hzの矩形パルス、低周波として200kHz、高周波として13.56MHzを使用した。また、ここで極低周波のパルス放電はduty比が50%となるようにおこなった。

【0018】また、このときプラズマクリーニングのためのエッチングガスとしてCF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>のうちから選ばれた少なくとも1種類を使用できるが、本実施例においてはCF<sub>4</sub>を用いた。以上の条件においてチャンバーを減圧し、エッチングガスを導入してプラズマを発生させてプラズマクリーニングをおこなった。

【0019】〔実施例2〕図2に本実施例の概略を示す。本実施例は、誘導結合型プラズマを用いてドライエッチングをおこなうための装置に関するものである。図2において、真空容器201(チャンバー)内に基板203を設置するサセプター202が存在している。チャンバーやサセプターは絶縁性の材料が好ましい。本実施例では石英を用いた。チャンバー201には、内部を減圧せしめるための真空排気系206、そして、エッチングガスを導入するガス導入系205が備えつけてある。

【0020】チャンバー201の周囲には、プラズマを発生させるためのコイル状誘導電極204が設けられている。そして、この誘導電極204には交流を供給するための交流電源が設けられている。本実施例においては誘導電極204には、低周波(1k~1MHz)の振幅変調された高周波(10~100MHz)の極低周波

(1~200Hz)の繰り返し周波数のパルス電力が投入される。交流電源においては、高周波発振器207、低周波発振器208、極低周波パルス発振器209と、振幅変調器210、パルス変調器211が設けられている。

【0021】本実施例では、上記の極低周波として100Hz、低周波として300kHz、高周波として13.56MHzを使用した。また、極低周波のパルス放電はduty比が10%となるようにおこなった。また、このときエッチングガスとしてCF<sub>4</sub>を用いた。

【0022】本実施例では、プラズマを発生させるための誘導電極はチャンバーの外側に存在する。そして、チャンバーの内部には実質的に基板以外のものは存在しなかった。そのためエッチングガスの流れを妨げたり、プラズマの広がりやを制約することがなかった。このため、エッチングの均一性は実施例1と比較すると概ね良好であった。

【0023】また、それゆえ、実施例1で述べたように、エッチングガスの流れの均一性を良くするためにシャワー状にエッチングガスを吹きつけるというようなことは不要であり、装置構成は比較的簡単にすることができた。本実施例でもシリコンを含有する材料をエッチングするとフッ素系ポリマーが生成しチャンバーの内壁に付着したが、実施例1で指摘したように細孔をふさぐということはなく、エッチングの安定性の点でも問題はなかった。プラズマによって電極等の金属がスパッタされて基板に付着するという問題もなかった。

【0024】本発明においては、高周波電力による分子結合の切断に加えて、低周波電力による会合分子の分離も重要な意味があり、その結果、エッチングの均一性が向上する。しかしながら、単に高周波と低周波を混合して誘導電極に印加しても、効果的でなかった。その理由のひとつは、このような誘導結合型のプラズマを発生させるには誘導電極とのインピーダンスのマッチングが必要なのであるが、電極の大きさから、一般に低周波電力

ではインピーダンスをマッチングさせることがほとんど不可能だったことによる。そのため、低周波電力は誘導電極から有効に放射されることなく、したがって、プラズマの発生にも寄与しなかった。

【0025】このような問題に対しては、本発明のように高周波を搬送波として、これに低周波の振幅変調を加えると有効である。電源から出力される交流は実質的に高周波であり、誘導電極から有効に放射されて、プラズマの発生に利用される。しかしながら、プラズマには、低周波の振動をエッチングガスに与えることとなるので、結局、低周波の電力を投入したことと同じ効果が得られる。

【0026】

【発明の効果】本発明のように、低周波の振幅変調した高周波の極低周波の繰り返し周波数によるパルス発振によって発生させたプラズマによって、ドライエッチングすることによって、エッチングの均一性を高めることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1の装置構成を示す。

【図2】 実施例2の装置構成を示す。

【図3】 本発明の高周波発生装置および発生した高周波波形の例を示す。

【符号の説明】

101・・・真空容器(チャンバー)

102・・・サセプター

103・・・電極

104・・・基板

105・・・ガス導入系

106・・・排気系

107・・・高周波交流電源

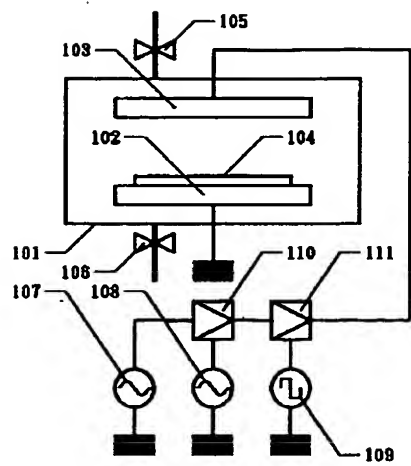
108・・・低周波交流電源

109・・・極低周波パルス電源

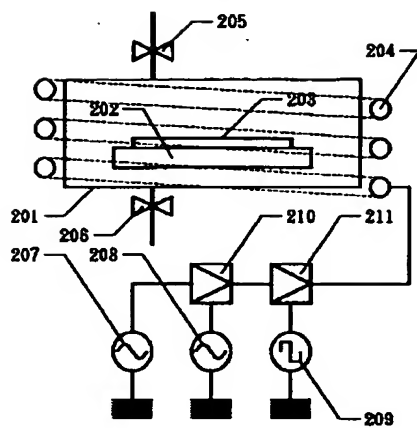
110・・・振幅変調器

111・・・パルス変調器

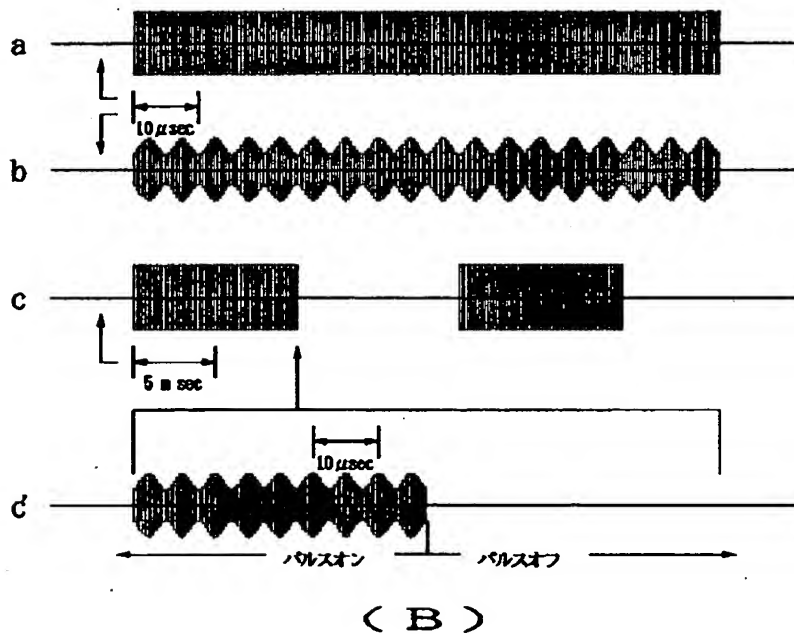
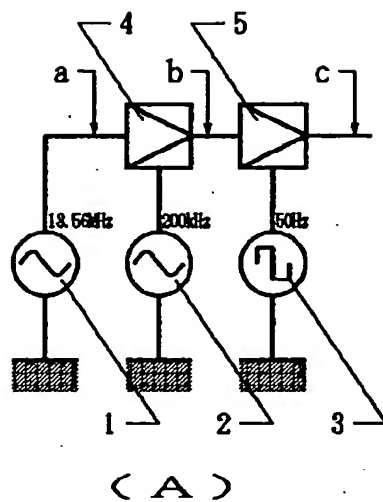
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 竹村 保彦

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半  
導体エネルギー研究所内